

日 本 国 特 許 庁

PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年 3月31日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-101188

出 願 人

Applicant (s):

株式会社日立製作所

Docket No.: NIP-232

Filed On: March 20, 2001

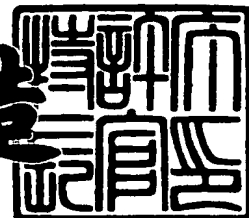
Mattingly, Stanger & Malur, P.C.

Phone: 703-684-1120

2000年11月17日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2000-3095490

【書類名】 特許願

【整理番号】 1100010261

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G21C 17/017

【発明の名称】 減肉予測サービスの提供方法及び減肉予測プログラムを
記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体

【請求項の数】 4

【発明者】

 【住所又は居所】 茨城県日立市大みか町七丁目 1 番 1 号
株式会社 日立製作所 日立研究所内

 【氏名】 荒木 憲司

【発明者】

 【住所又は居所】 茨城県日立市大みか町七丁目 1 番 1 号
株式会社 日立製作所 日立研究所内

 【氏名】 高田 将年

【発明者】

 【住所又は居所】 茨城県日立市幸町三丁目 1 番 1 号
株式会社 日立製作所 原子力事業部内

 【氏名】 久恒 眞一

【発明者】

 【住所又は居所】 茨城県日立市幸町三丁目 1 番 1 号
株式会社 日立製作所 原子力事業部内

 【氏名】 青池 聡

【発明者】

 【住所又は居所】 茨城県日立市大みか町七丁目 1 番 1 号
株式会社 日立製作所 日立研究所内

 【氏名】 宇▲高▼ 健司

【特許出願人】

 【識別番号】 000005108

【氏名又は名称】 株式会社 日立製作所

【代理人】

【識別番号】 100075096

【弁理士】

【氏名又は名称】 作田 康夫

【電話番号】 03-3212-1111

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 013088

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 減肉予測サービスの提供方法及び減肉予測プログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

顧客から送信された配管部品の肉厚を規定した配管部品の肉厚データに基づいて、減肉した配管の肉厚を顧客に提供する減肉予測サービスの提供方法であって、

顧客から配管部品の肉厚データを受け取り、

その配管部品の肉厚データとその配管部品を含む配管ラインの 3 次元配置データを元に、配管ライン内部を流れる流体の挙動の変化を計算機でシミュレートし、

そのシミュレートした流体の挙動の変化から、前記配管ラインを構成する配管部品の減肉した肉厚データを求め、

その減肉した肉厚データを顧客に送信することを特徴とする減肉予測サービスの提供方法。

【請求項 2】

請求項 1 において、

前記 3 次元配置データは顧客から送信されたデータであることを特徴とする減肉予測サービスの提供方法。

【請求項 3】

請求項 1 において、

前記肉厚データを求めた配管ラインを構成する配管部品は、前記顧客から受けとった配管部品の肉厚データが示す配管部品とは異なる配管部品を含むことを特徴とする減肉予測サービスの提供方法。

【請求項 4】

配管部品の肉厚を規定した配管部品の肉厚データに基づいて、減肉した配管の肉厚をコンピュータで予測する減肉予測プログラムが格納されたコンピュータ読み取り可能な記憶媒体であって、

前記配管部品の肉厚データとその配管部品を含む配管ラインの 3 次元配置データを元に、配管ラインの内部を流れる流体の挙動の変化をシュミレートする処理と、

そのシュミレートした流体の挙動の変化から、前記配管ラインを構成する配管部品の減肉した肉厚データを求める処理をコンピュータに実行させるプログラムが格納されたコンピュータ読み取り可能な記憶媒体。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】

配管の減肉を予測する技術に関する。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】

従来、東芝特開平8-178172号「機器及び配管装置類のエロージョン・コロージョンによる減肉計算及び評価法」、Westinhouse米国特許番号4,935,195

「CORROSION-EROSION TREND MONITORING AND DIAGNOSTIC SYSTEM」に見られるように、配管腐食疲労の影響は、配管の内部を流れる流体の温度、圧力、溶存酸素濃度、流速などから、配管減肉最大進展値を配管部品一つ一つに対して、予測を行う方式である。

【 0 0 0 3 】

【発明が解決しようとする課題】

プロセスプラントを構成している配管（エルボや直管、絞り管、分岐管等）は、同じ配管であっても、3次元的に異なる配置がされ、その配置された場所や接続される配管の種類等に応じて配管内部の流体の挙動が異なるため、配管の3次元的な配置や接続される配管の種類によっても減肉の速度が異なる。

【 0 0 0 4 】

従来の技術では、配管部品の一つ、すなわち一つのエルボ、一つの直管だけに着目し、内部を流れる流体の平均流速、平均温度、平均圧力、平均酸素濃度をパラメータとして、過去の減肉測定データを元に減肉予測を行っており、配管の3次元的な配置や接続される配管の種類や形状について考慮していないため、配管

内部を流れる流体の挙動の変化による減肉速度の変化を考慮した減肉の予測を行うことができなかった。また、肉厚を測定した配管部品とは異なる配管部品の減肉予測を行うことができなかった。

【0005】

【課題を解決するための手段】

本発明の態様としては、顧客から送信された配管部品の肉厚を規定した配管部品の肉厚データに基づいて、減肉した配管部品の肉厚を顧客に提供する減肉予測サービスの提供方法であって、顧客から配管部品の肉厚データを受け取り、その配管部品の肉厚データとその配管部品を含む配管ラインの3次元配置データを元に、配管ライン内部を流れる流体の挙動の変化を計算機でシュミレートし、そのシュミレートした流体の挙動の変化から、前記配管ラインを構成する配管部品の減肉した肉厚データを求め、その減肉した肉厚データを顧客に送信するものがある。

【0006】

なお、本発明の目的は、精度の高い減肉予測を行うことにある。また、他の目的は、測定した配管部品とは異なる配管部品の減肉予測を行うことにある。さらなる目的としては、そのような予測肉厚を顧客に提供することにある。

【0007】

【発明の実施の形態】

以下に、本発明の実施例を説明する。

【0008】

図1は、本発明における処理の概要を表すブロック図である。

【0009】

ブロック図の説明に入る前に配管系統と配管ライン番号、配管部品の違いと階層関係について、簡単に述べる。

【0010】

プロセスプラントの設計は、通常、大型機器の配置位置を決め、大型機器を結んで目的の機能を満足する論理設計を行う。通常、系統設計と呼ばれる。例えば、蒸気を発生させる論理設計を行う場合、まず、水を高温、高圧にする装置から

、蒸気を取り出す蒸気発生装置まで、配管で接続し、発生させた後は、タービン翼回転装置まで、配管で蒸気を運ぶ論理図を作成する。

【 0 0 1 1 】

この場合、高温、高圧の水を作る装置から、蒸気発生器までは、高圧に耐え、保温性の高い材質の配管を選び、蒸気発生器から、タービン翼までは徐々に配管径を絞って、高速状態にする論理設計を行う。この場合、同じ目的で論理設計を行う最小単位を1つの配管系統と呼ぶ。さらに、その配管系統を実現するために、1本の配管を利用する場合よりも蒸気発生効率を考え、複数の配管に分ける場合が普通である。そのそれぞれに配管のライン番号を識別子として設定する。すなわち1つの配管系統は、複数のライン番号をもつ配管で構成されている。

【 0 0 1 2 】

次に、論理設計された配管を空間に配置するレイアウト設計を行う。レイアウトは配管ライン番号毎に行われる。また、建設据付け時に据付け易いように、1.5メートルから2.0メートルに予め切断して、搬入し溶接などの接続方式を用いて施工する。この配管最小単位を配管部品と呼んでいる。

【 0 0 1 3 】

配管の保守・点検の最小単位は配管部品であり、配管の腐食疲労による想定外の事故を未然に防ぐため、配管部品単位で管理する方法が広く行われている。しかしながら、配管の腐食疲労は系統単位あるいは、配管ライン番号単位で管理すべきである。

【 0 0 1 4 】

図2に、本発明を実施するためのシステム構成を示す。

【 0 0 1 5 】

本システムは顧客システム29とサービス提供者システム28で構成される。

【 0 0 1 6 】

顧客システム29は、通信装置30を有しサービス提供者システム28の通信装置27と通信している。

【 0 0 1 7 】

サービス提供者システム28は、配管部品の3次元配置情報（図3）が記録さ

れているデータベース21, 配管部品の肉厚を測定した測定データ(図4)が記録されているデータベース22, 配管内部を流れる流体に関するデータ(具体的には、流体の種類, 平均流速, 圧力, 温度, 酸素イオン濃度, 金属イオン濃度である。図4)が記録されているデータベース23, 記録媒体に記録された減肉予測プログラムを読み込んで配管ラインの減肉を予測する配管減肉予測システム24, 配管減肉予測システム24を構成している流体挙動推定処理部241と流体シミュレーション処理部242と配管部品入口付近での流体データを作成する入力流体データ発生処理部243, 配管減肉率の高い箇所を選択して出力する選択出力部25と、可視化する表示装置26, 通信装置27で構成される。

【0018】

なお、データベース21~23に格納されるデータは、顧客システム29から通信装置27, 30を介して顧客から受け取る。

【0019】

また、選択出力部25は、表示装置29に表示させるだけでなく、通信装置27, 30を介して顧客にデータを送信する。

【0020】

このシステムで、配管ライン単位で、配管内部を流れる流体の挙動を推定し、腐食疲労箇所を特定、さらに推定した腐食進展速度から配管寿命予測を精度よく行う事を図1等を用いて以下詳細に述べる。

【0021】

まず、配管部品IDがキーボード93(図9)又はマウス94(図9)から直接入力されるか、通信装置28, 29を介して送信されることで配管減肉予測システム24の流体シミュレーション処理部241に入力される。流体シミュレーション処理部241は、データベース21から配管の3次元配置情報を読み込み、入力された配管部品IDが含まれる配管ラインと、その配管ラインに含まれる部品IDを選択する。なお、データベース21の配管の3次元情報は、配管を部品ID, 位置情報, 接続情報, 形状, 材質, 系統No, 配管ラインNo, 測定肉厚データIDで管理しているので、その入力された部品IDをキーにして、その配管ラインNoを検索でき、その配管ラインNoをキーにして、さらにその配管

ラインに含まれる部品 I D を検索することができる。

【0022】

次に、選んだ配管部品が含まれる配管ライン上に、減肉測定済みの配管部品が含まれるかどうかを配管の 3 次元配置情報の測定肉厚データ N o の有無で、検索する 12。

【0023】

検索を行った結果、減肉測定箇所を含む場合は、該当の配管部品の 3 次元配置情報 21 を配管減肉予測システム 24 に取り込む。配管流体挙動推定処理部 241 を用いて、減肉測定データベース 22 から該当の測定肉厚データ I D をキーとし、減肉測定データを入力する（処理 61）。入力した減肉測定データの中から配管減肉最大箇所データを検索し（処理 62）、最大減肉箇所近傍の形状データから、配管の軸方向との減肉分布の相関関係を求める（処理 63～65）。

【0024】

具体的には、配管の軸方向と減肉方向の違いを、角度で表す。最大減肉箇所から、次に減肉率の高い箇所を探索し（処理 63）、最大減肉箇所と線分で結ぶ（処理 64）。配管の軸方向との角度を求める（処理 65）。処理フローは、図 6 に示す。

【0025】

求めた角度が、旋回流の旋回角度とみなす。すなわち、求めた角度が、測定対象の配管部品の入口付近の流体の旋回角度であるとする。

【0026】

配管を流れる流体は、配管内壁との粘性の影響で、配管内壁から離れた場所が流れが速い。流体の運動は、Navier-Stokes 方程式と呼ばれる偏微分方程式で表現できる。

$$\frac{\delta V}{\delta t} + (V \cdot \text{grad}) v = - \frac{1}{\rho} \text{grad } p + \frac{\eta}{\rho} \nabla^2 v$$

…（数 1）

【 0 0 2 7 】

ここで、 V は速度ベクトル、 t は時間、 v は速度、 ρ は密度、 p は圧力、 η は粘性率である。

【 0 0 2 8 】

流体の慣性力によって、回りの流体粒子を弾き飛ばす移流項と分子間力によって、回りの粒子の速度を遅くする拡散項および粒子の前に進もうとする力を与える圧力の勾配項の和で表される。粒子を弾き飛ばす移流項が非線型のため、不安定な動きをするが、拡散項が流れを安定する方向に効いており、その大きさの大小が、流体全体の挙動に大きな影響を与える。

【 0 0 2 9 】

配管内の流れは、境界がすべて配管で覆われているため、開いた空間の流れに比べ拘束条件が強く安定した流れになる。配管の理想的な流れは、ポアズイユ流れと言われる2次放物線の流速分布である。

$$v = \frac{\Delta p}{4 \eta l} (R^2 - r^2) \quad \dots (数 2)$$

【 0 0 3 0 】

ここで l は配管長さ、 R は配管半径、 r は中心位置からの距離である。

【 0 0 3 1 】

配管の断面は、円であるから対称性を持つ。これは数学的には安定であるが、物理的には不安定になる。その証拠に野球のボールは、回転した方が安定した軌跡を描く。

【 0 0 3 2 】

このことから、極めて希にしか対称性をもつ理想的なポアズイユ流れにはならない。しかしながら、流れの境界が配管内壁で覆われているため、内部は安定した旋回流が支配的であると仮定する。ポアズイユ流れの2次放物線流速分布を配管周方向に回転速度を与えた物を旋回流とする。

$$V = \frac{\Delta p}{4 \eta l} (R^2 - r^2) (1 - \cos \theta, \sin \theta) \quad \dots (数 3)$$

【0033】

ここで、配管減肉予測システム内の入力流体データ発生処理部243で配管内流体データベース23から該当配管部品IDをキーとし、流体関連情報を検索し入力する。

【0034】

流体関連情報の平均流速を v とし、数3を用いたポアズイユ流速を入力速度として入力流体データ発生処理部243で生成する。

【0035】

求めたポアズイユ流速分布を用いて減肉測定済み配管部品を対象とした流体解析を流体シミュレーション処理部242で実行する。流体シミュレーション処理部242は、流体解析に必要な配管部品の3次元形状データを配管の3次元配置情報21から入力するものとする。

【0036】

流体シミュレーション処理部242で実行した流体解析結果の配管部品内部の流速分布を用いて、配管内壁へのせん断力を求め最大減肉箇所の減肉率とせん断力の関係を求める。

【0037】

流体シミュレーション処理部242の流体解析処理フローを図7に示す。

【0038】

実際には、微少な流速の変動がいたるところに発生するが、配管内壁を腐食疲労させるせん断力の主要因は、流れの主成分である旋回流とする。

$$\sigma = k \frac{\delta v}{\delta y} \quad \dots (数 4)$$

【0039】

ここで σ はせん断力、 k は定数、 y は内壁垂直成分である。

【 0 0 4 0 】

配管内壁の腐食疲労の主要因は、配管内壁への流体の衝撃力であるといわれている。金属の表面に安定な酸化皮膜（これを不動態皮膜と呼ぶ）が、生成されるがプラントの運転を開始すると内部を流れる流体の衝撃力で、不動態皮膜がはがされる。はがれた箇所は金属がむき出しになるため、金属イオンが溶け出すアノード反応と、不動態皮膜生成の両方が同時に起こる。一方、カソード反応として不動態皮膜上で電子を消費する化学反応が起こる。不動態皮膜生成よりも金属イオンが溶け出すアノード反応が支配的な場合、減肉と呼ばれる腐食が進む現象が起こる。逆に、不動態皮膜生成が支配的な場合は、不均質な応力のため一点から金属内部に腐食が進み腐食割れを起こす。

【 0 0 4 1 】

いずれの腐食も、不動態皮膜のはがれる箇所を流体の挙動から特定できれば予測可能である。

【 0 0 4 2 】

図 1 の 1 4 では、得られた減肉方向と配管軸方向の角度から旋回の大小を特定する。減肉方向と配管軸方向が一致した場合は、一様流（ポアズイユ流れ）であり、旋回流の特別な場合と考える。

【 0 0 4 3 】

1 4（2 4 2）で求めた旋回流を用いて、減肉測定対象の上流、及び下流の配管部品の 3 次元配置情報から、流体の 3 次元シミュレーションを行う 1 5。配管部品の入口にポアズイユ流れを基本として旋回流を与える。旋回方向は、1 4 で求めたものを用いる。

【 0 0 4 4 】

流体シミュレーション処理部 2 4 2 は、流体の挙動を粒子で表現し、3 次元配管内部を流速と経過時間の積で求め、軌跡を追尾する方式で流体解析を行う。配管内壁へ衝突したら弾性反射させ、衝突箇所（座標値）を 2 5 に出力する。せん断力は、衝突する粒子の速度と単位時間、単位面積当たりの衝突回数の大小で特定する 1 6。

【 0 0 4 5 】

以下、流体解析が終了した配管部品と隣接する配管部品に対象を広げて、上記を繰り返し配管ライン上の配管部品すべてに対しせん断力を求める。

【 0 0 4 6 】

減肉測定対象の配管部品に対して行った粒子法を用いた流体シミュレーションの結果えられたせん断力と減肉率の相関をもとめ、減肉測定していない配管部品でせん断力が大きい箇所に当該相関から、減肉率を求めた 1 7 結果を 2 5 に格納する。

$$S = \sigma \frac{S_1}{\sigma_1} \quad \dots (数 5)$$

【 0 0 4 7 】

ここで S_1 は減肉測定最大箇所の減肉率、 σ_1 はその減肉測定最大箇所のせん断力である。

【 0 0 4 8 】

格納された減肉率の高い配管部品は、3 次元 CAD システムや 3 次元 CG システムを用いて、色や大きさを変えて表示装置 2 6 (ディスプレイ 9 1) を用いて表示する 1 8。さらにせん断力と減肉率の相関に配管使用時間依存性を考慮し、配管寿命予測と配管肉厚予測も行い、同様に表示装置 2 6 (ディスプレイ 9 1) を用いて可視化する。又、これを可視化するだけでなく通信装置 2 8, 2 9 を介して、顧客に提供する。

【 0 0 4 9 】

すなわち、減肉を測定した時点での配管使用時間を用いて、配管部品が使用できなくなる年数を線形補間する。減肉未測定配管部品のせん断力と減肉率の相関を用いて、配管部品の肉厚を求めていき配管部品が使用できなくなる上限に達成する年数を推定する。

【 0 0 5 0 】

一方、配管ラインに減肉測定対象の配管部品が一つも存在しない場合は、配管ライン全体の 3 次元配置情報を 2 1 から入力し、旋回流と一様流の両方の流体解

析を行う 1 9。

【 0 0 5 1 】

流体シミュレーションの方法は、上記の方法と同じであるが旋回の角度については、同一系統内の別配管ラインで用いた角度を用いる。同じ系統内で減肉測定配管部品が全くない場合は、一様流で解析を行いせん断力箇所を特定する 1 A。

【 0 0 5 2 】

すでに別の配管ラインで求めた減肉率とせん断力の関係を用いて、対象の配管部品に対するせん断力値から減肉率を推定する 1 B。

【 0 0 5 3 】

最後に同様に 3 次元 C A D システムを用いて、減肉予測結果を可視化する。

【 0 0 5 4 】

図 9 に計算機装置例を示す。図 2 のデータベース、及び配管減肉予測システムは、すべてコンピュータに内蔵され可視化部分は、ディスプレイで表示される。又、可視化される内容は、通信装置 2 8， 2 9 を介して、顧客に伝えられる。

【 0 0 5 5 】

本発明により減肉未測定の配管部品に対して、減肉状況を予測でき配管破断事故を未然に防ぐ事ができる。

【 0 0 5 6 】

【発明の効果】

本発明によれば減肉未測定の配管部品に対して、減肉状況を精度良く予測できるようになり、配管破断事故を未然に防ぐ事ができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明における処理の概要を表すフロー図である。

【図 2】

本発明におけるシステム構成図である。

【図 3】

配管の 3 次元配置情報である。

【図 4】

減肉測定データベースである。

【図 5】

配管内流体データベースである。

【図 6】

流体挙動推定処理部の概略フローである。

【図 7】

流体シミュレーション処理部の概略フローである。

【図 8】

入力流体データ発生処理部の概略フローである。

【図 9】

本発明を実行する計算機装置例である。

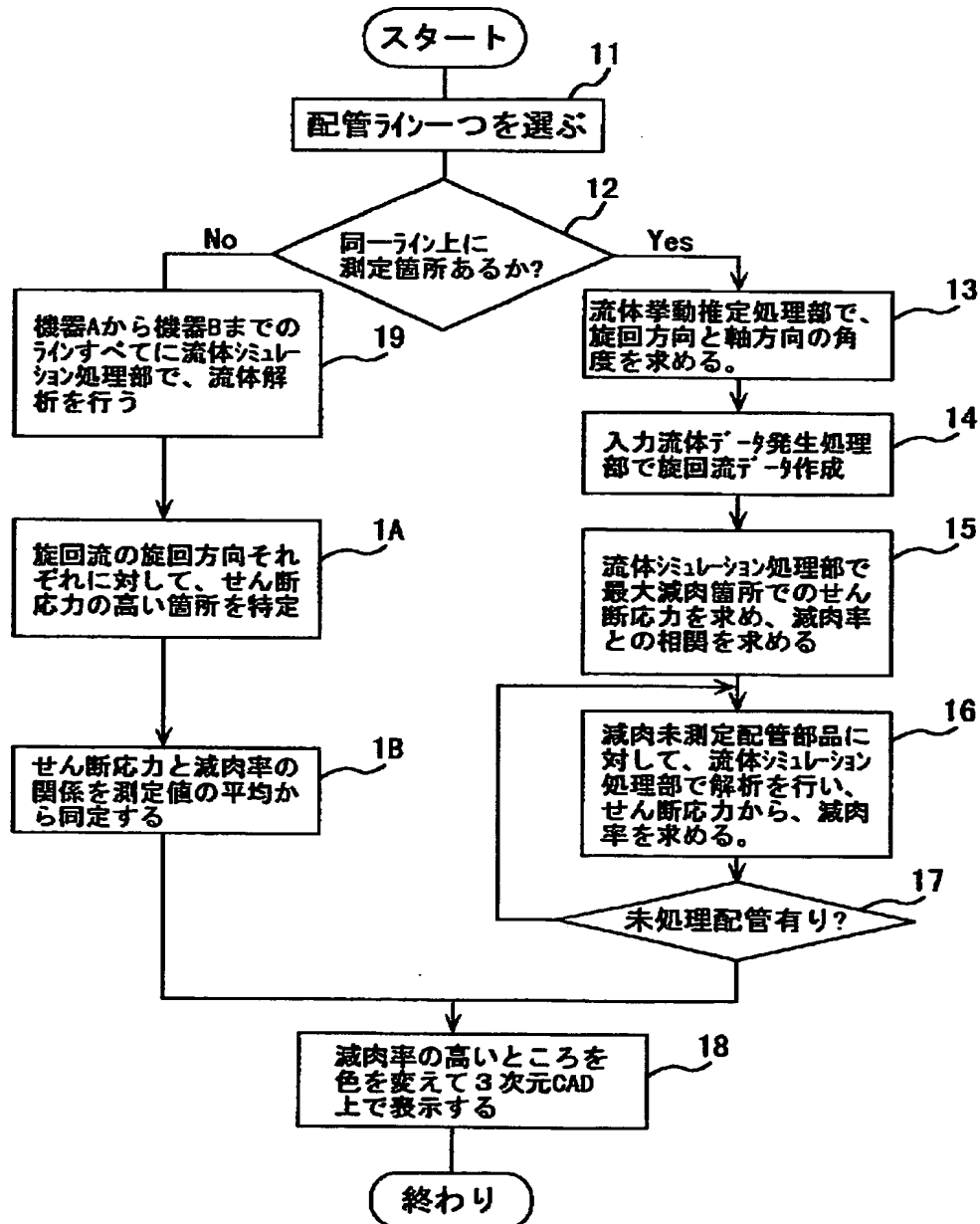
【符号の説明】

1 1 …配管ラインを選ぶ処理ブロック、1 2 …配管ライン上に測定箇所有無判定ブロック、1 3 …測定データ分析ブロック、1 4 …旋回流の旋回方向設定ブロック、1 5 …前後配管部品の流体解析ブロック、1 6 …配管内壁のせん断力計算ブロック、1 7 …流体解析未処理配管有りなし判定ブロック、1 8 …減肉率表示ブロック、1 9 …配管ライン全体の流体解析計算ブロック。

【書類名】 図面

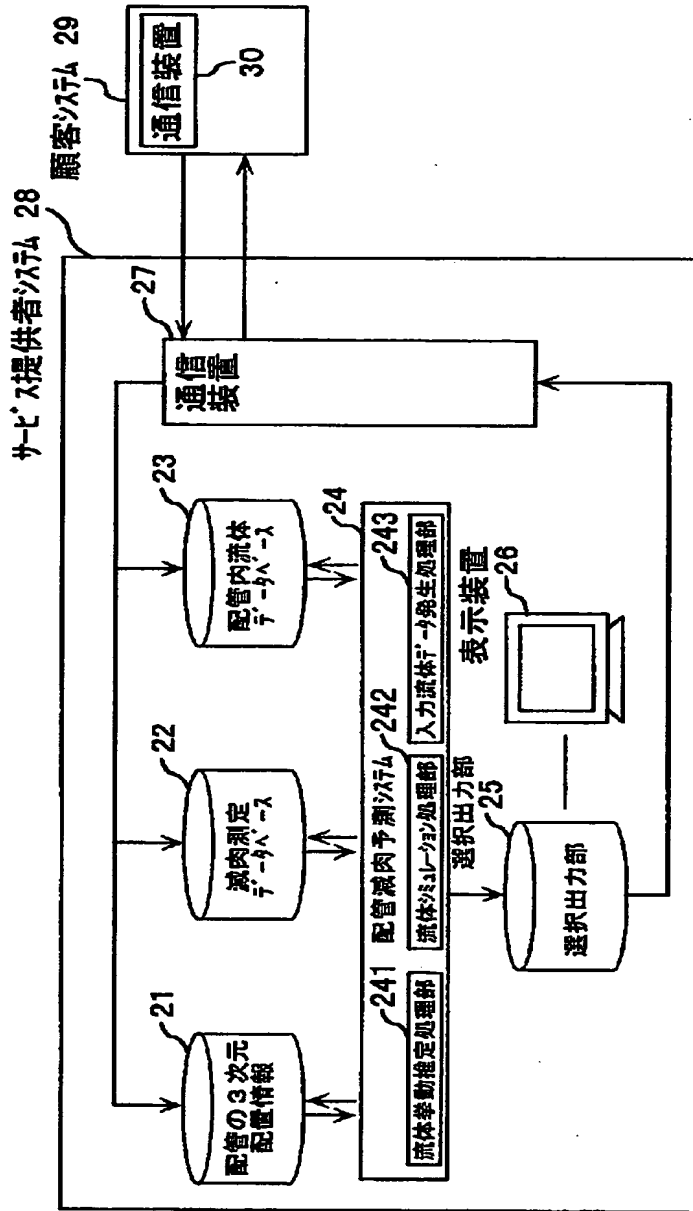
【図 1】

図 1



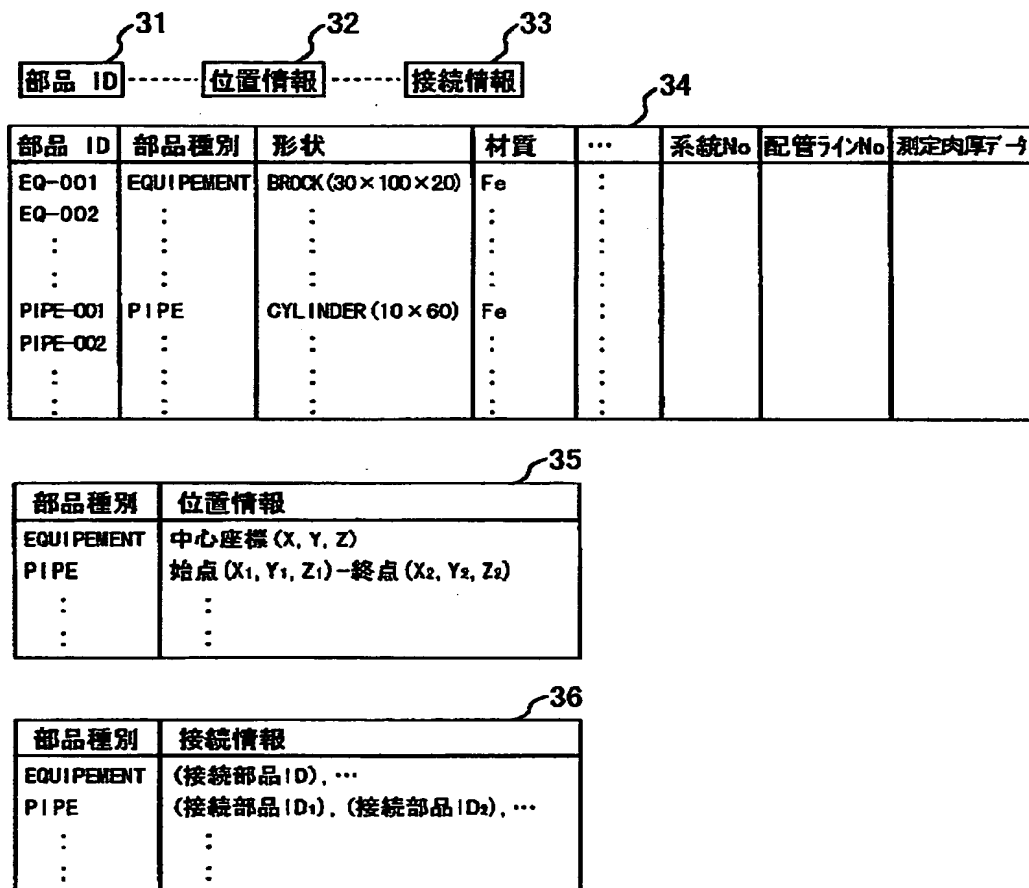
【図 2】

図 2



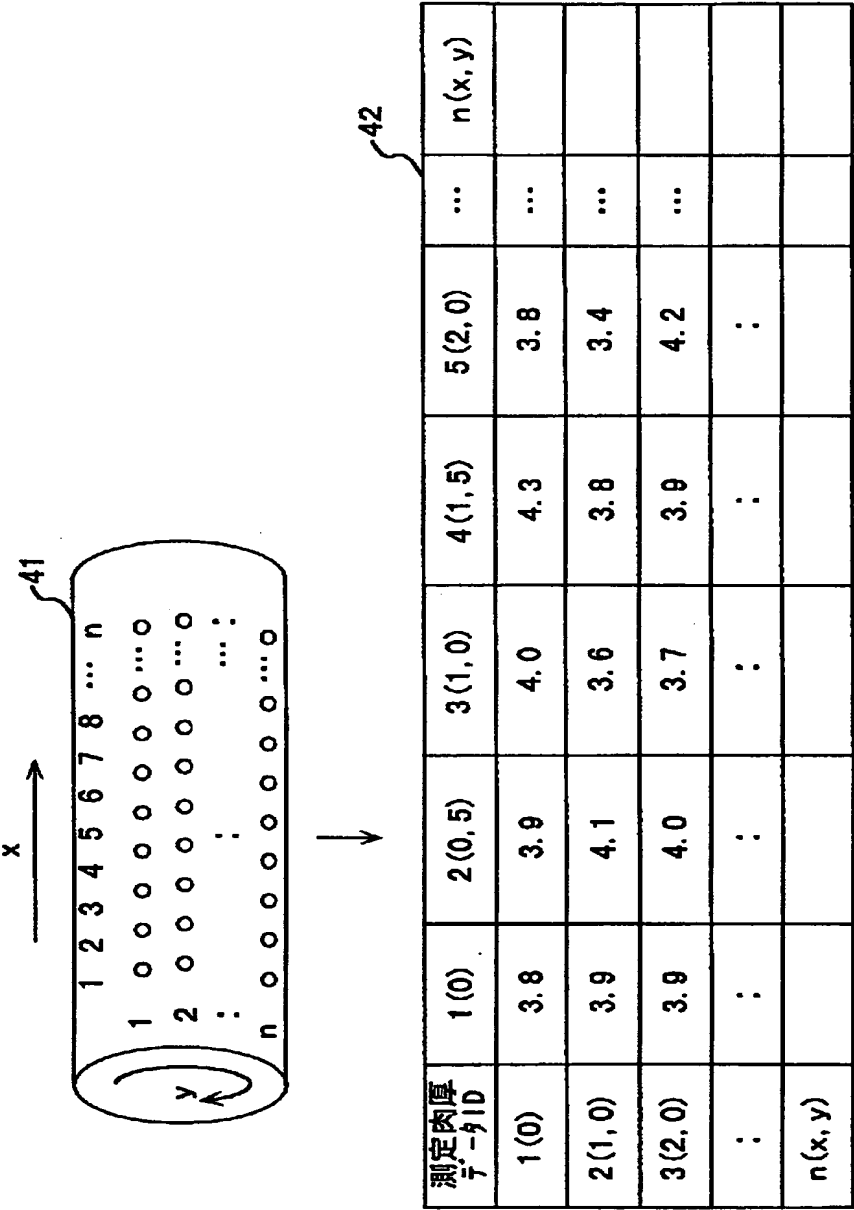
【図 3】

図 3



【 図 4 】

図 4



【図 5】

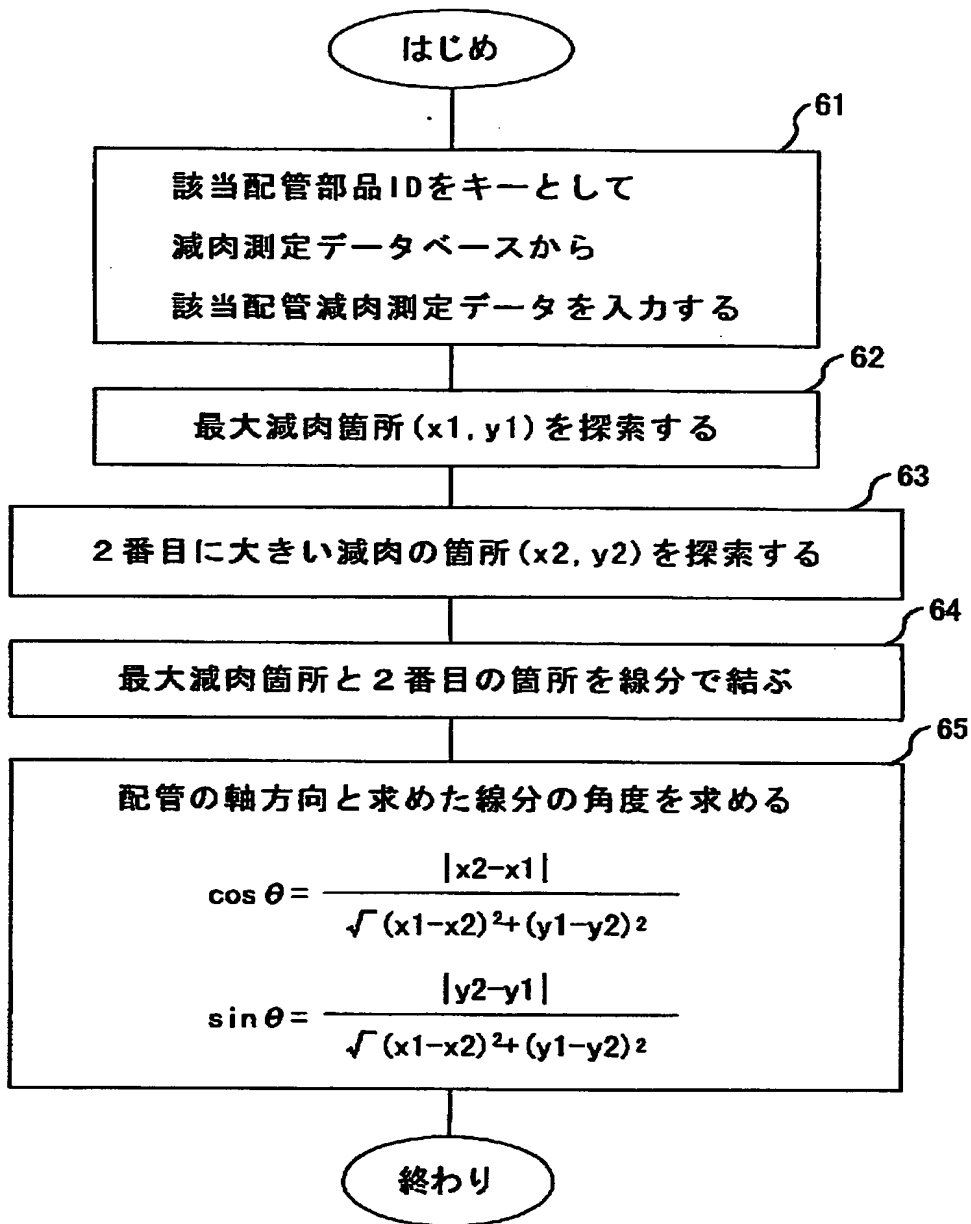
図 5

51

| 部品 ID | 流体名 | 温度 | 圧力 | 溶存酸素濃度 | 平均流速 |
|----------|-----|------|------|--------|--------|
| PIPE-001 | 蒸気 | 170℃ | 55Pa | 10ppb | 43 m/s |
| PIPE-002 | 軽水 | 66℃ | 6Pa | 3ppb | 15 m/s |
| PIPE-003 | 軽水 | 30℃ | 1pa | 1ppb | 7 m/s |
| : | : | : | : | : | : |
| : | : | : | : | : | : |

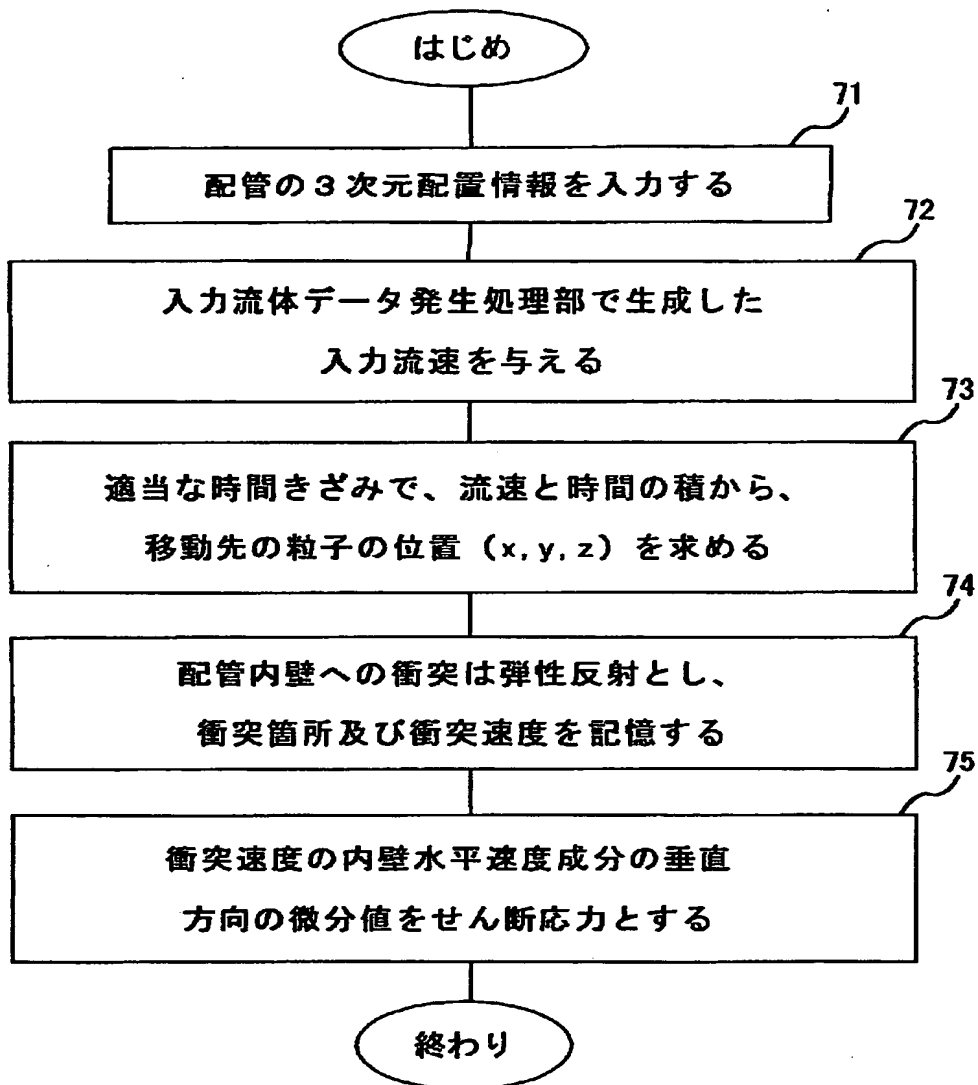
【図 6】

図 6



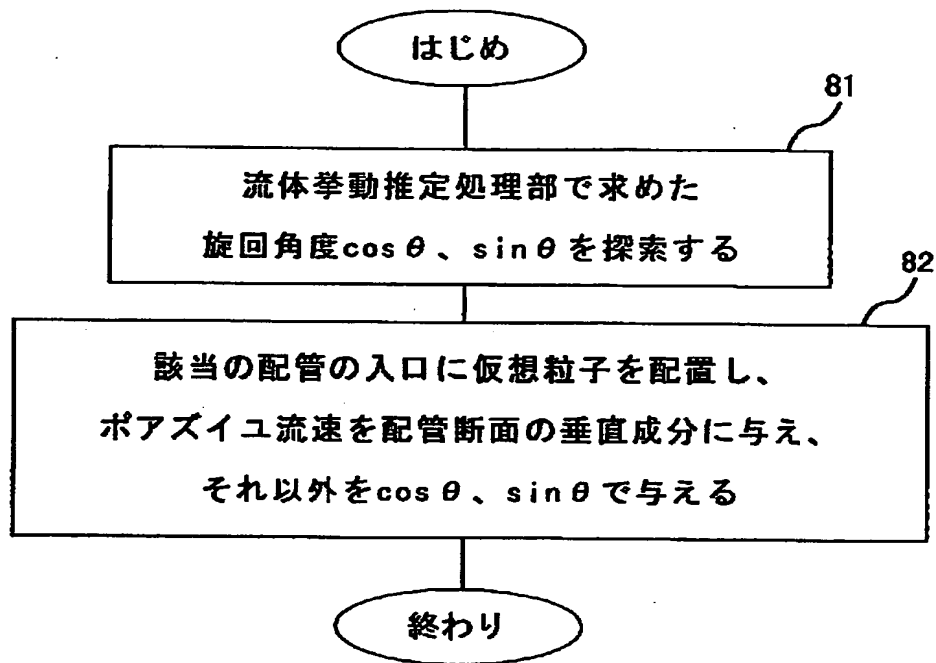
【図 7】

図 7



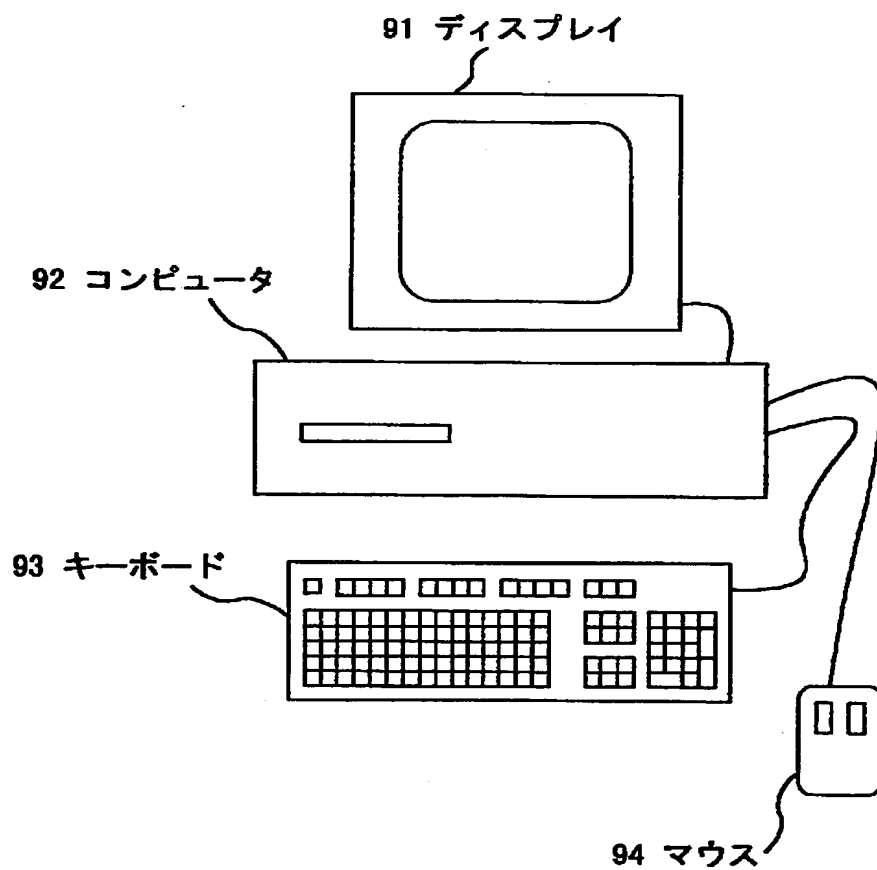
【図 8】

図 8



【図 9】

図 9



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】

少ない測定点の情報から、未測定箇所の減肉率を推定する。

【解決手段】

配管肉厚データとその配管を含む配管ラインの3次元配置データを元に、配管ライン内部を流れる流体の挙動の変化を計算機でシュミレートし、そのシュミレートした流体の挙動の変化から、前記配管ラインを構成する配管の減肉した肉厚データを求める。

【選択図】 図 1

特 2 0 0 0 - 1 0 1 1 8 8

認定・付加情報

| | |
|---------|--------------------------|
| 特許出願の番号 | 特願 2 0 0 0 - 1 0 1 1 8 8 |
| 受付番号 | 5 0 0 0 5 0 2 5 2 5 5 |
| 書類名 | 特許願 |
| 担当官 | 第一担当上席 0 0 9 0 |
| 作成日 | 平成 1 2 年 4 月 3 日 |

<認定情報・付加情報>

【提出日】 平成12年 3月31日

次頁無

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005108]

1. 変更年月日 1990年 8月31日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地
氏 名 株式会社日立製作所